

การทดลองที่ 3

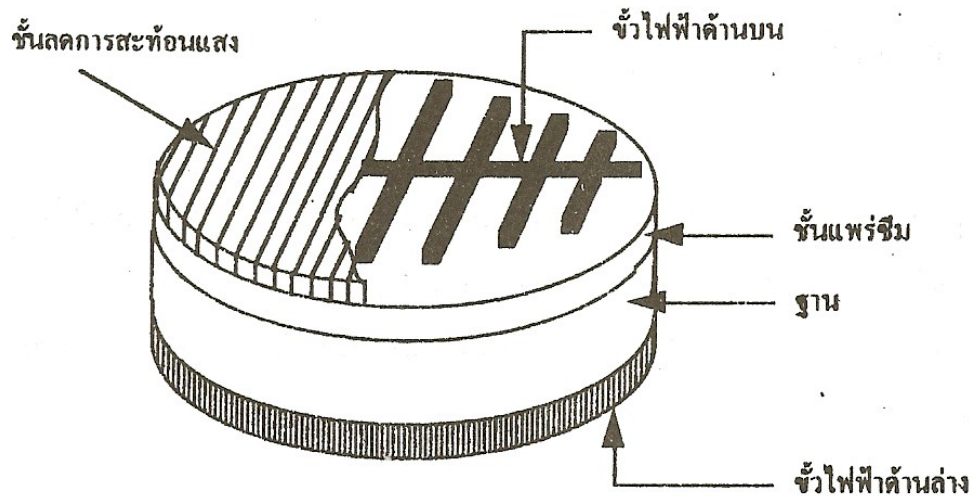
เรื่อง เซลแสงอาทิตย์

วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาและหาค่าตัวแปรหลักของเซลล์แสงอาทิตย์

ทฤษฎี

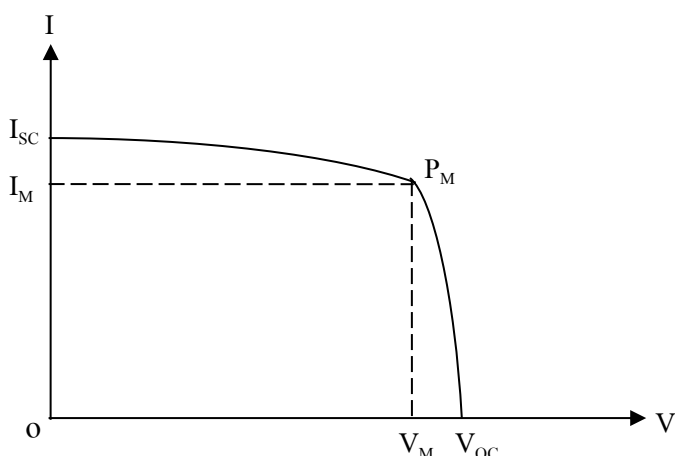
เซลล์แสงอาทิตย์เป็นสิ่งประดิษฐ์ที่ผลิตขึ้นจากสารกึ่งตัวนำ โดยสามารถ แปลงพลังงานแสงที่ส่องลงบนเซลล์ให้เป็นพลังงานไฟฟ้าได้ ซึ่งการผลิตนั้นสารกึ่งตัวนำที่ใช้กันได้แก่ ซิลิกอน (silicon) เจอร์มาเนียม (germanium) แกลเลียมอาเซไนด์ (gallium arsenide) ดังโครงสร้างของเซลล์แสงอาทิตย์แสดงดังรูปที่ 1.1 ซึ่งประกอบด้วยฐาน(base)ที่ผลิตขึ้นจากแวนผลึกของสารกึ่งตัวนำชนิดอื่นๆ แล้วแต่กรณี ความหนาของฐานอยู่ระหว่าง 200 ถึง 300 ไมครอน(um) ผิวหน้าชั้นบนผ่านกระบวนการแพร่ซึมสารเจือปนเพื่อให้เกิดรอยต่อพี-เอ็น (p-n junction) และขั้วไฟฟ้า(ohmic contact) สำหรับต่อสายไฟ ในเซลล์แต่ละเซลล์จะประกอบด้วยขั้วไฟฟ้าที่ด้านล่างและด้านบน และด้านบนจะมีชั้นลดการสะท้อนแสง(antireflection layer) ซึ่งเป็นชั้นที่เคลือบด้วยสารไดออกไซด์ทริทช่วยทำให้ลดการสะท้อนของแสง ซึ่งจะเป็นผลทำให้เซลล์แสงอาทิตย์ดูดกลืนแสงไว้ได้มากขึ้น



รูปที่ 1.1 โครงสร้างแบบง่าย ๆ ของเซลล์แสงอาทิตย์

ตัวแปรหลักที่เกี่ยวข้องกับเซลล์แสงอาทิตย์ที่ควรทราบและสามารถศึกษาได้จากการทดลองมี 3 ชนิด คือ

1. แรงดันวงจรเปิด (open circuit voltage , V_{oc}) หมายถึง แรงดันไฟฟ้าขาออกเมื่อความต้านทานของโหลดมีค่าสูงมากเมื่อเปรียบเทียบกับความต้านทานของเซลล์แสงอาทิตย์
2. กระแสลัดวงจร (short circuit current , I_{sc}) หมายถึง ปริมาณกระแสไฟฟ้าขาออกที่ได้จากเซลล์แสงอาทิตย์ เมื่อความต้านทานของโหลดมีค่าน้อยมากเมื่อเปรียบเทียบกับค่าความต้านทานของเซลล์แสงอาทิตย์
3. ฟิลล์แฟกเตอร์ (fill factor , FF) หมายถึง อัตราส่วนของกำลังขาออกสูงสุดกับผลคูณระหว่าง V_{oc} กับ I_{sc} โดยที่ กำลังขาออกสูงสุดหาได้จากผลคูณของค่าแรงดันสูงสุด V_m กับกระแสขาออกสูงสุด I_m ซึ่งพิจารณาได้จากรูปที่ 1.2 ว่า



รูปที่ 1.2 แสดงกราฟของฟิลล์แฟกเตอร์ FF

$$\text{ฟิลล์แฟกเตอร์ (FF)} = \frac{(I_m \cdot V_m)}{(I_{sc} \cdot V_{oc})} \quad (1.1)$$

การกำหนดคุณภาพของเซลล์แสงอาทิตย์เรากำหนดด้วยประสิทธิภาพของเซลล์ซึ่งหาได้จากค่าแรงดันวงจรเปิด, ฟิลล์แฟกเตอร์ และกำลังของแสงที่ตกกระทบแผ่นเซลล์ดังนี้

ประสิทธิภาพ (ϵ) ของเซลล์ กำหนดด้วยอัตราส่วนของพลังงานไฟฟ้าขาออกกับพลังงานแสงที่ตกกระทบแผ่นเซลล์ นั่นคือ

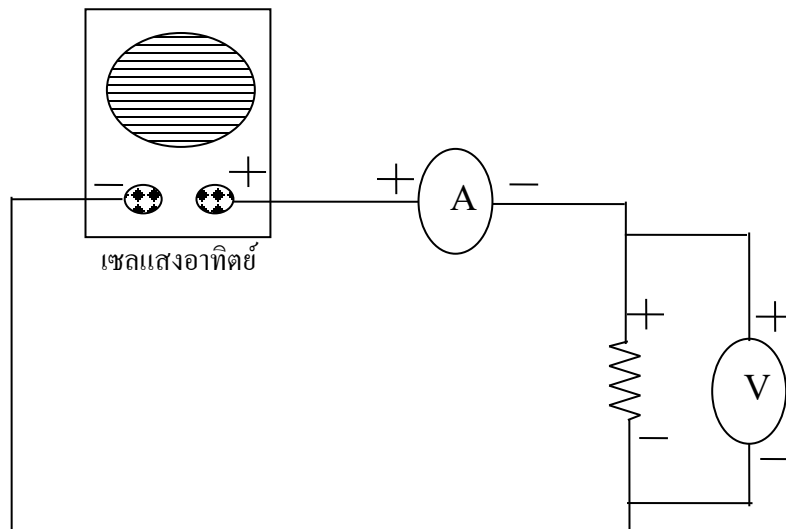
$$e = \frac{(P_{\text{output}})}{(P_{\text{input}} \cdot a)} \cdot 100 \% \quad (1.2)$$

$$= \frac{(I_m \cdot V_m)}{(P_{\text{input}} \cdot a)} \cdot 100 \%$$

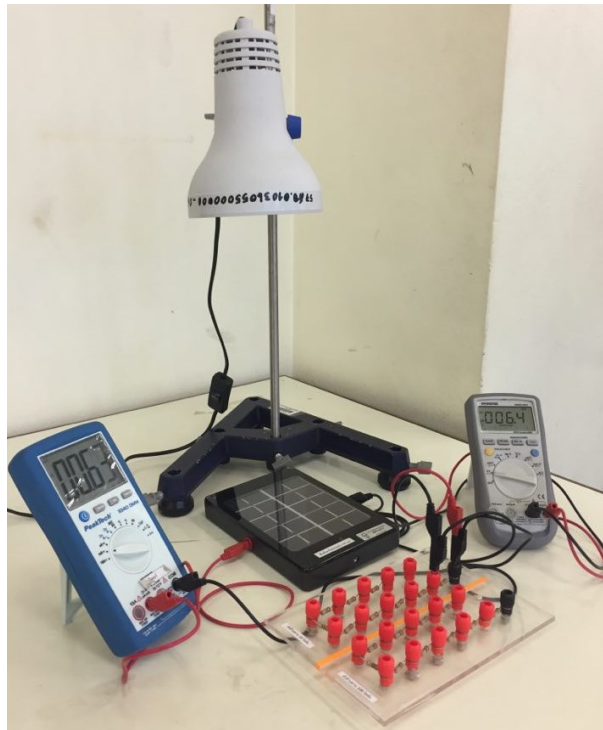
$$= \frac{(FF \cdot I_{sc} \cdot V_{oc})}{(P_{\text{input}} \cdot a)} \cdot 100 \% \quad (1.3)$$

เมื่อ a หมายถึง พื้นที่ของเซลล์แสงอาทิตย์ ในกรณีของการทดลองนี้ กำลังของแสงที่ตกกระทบแผ่นเซลล์แสงอาทิตย์ กำหนดไว้ในห้องปฏิบัติการ

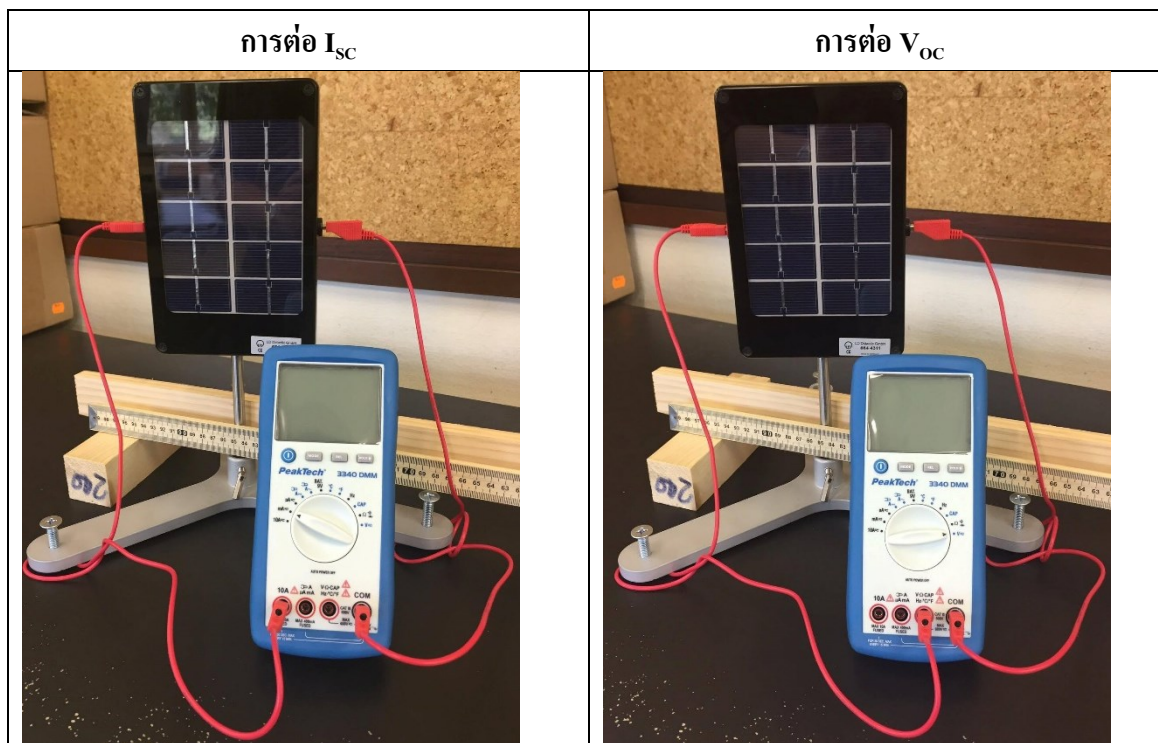
เซลล์แสงอาทิตย์ที่ผลิตขึ้นจะมีขีดจำกัดในการใช้งานไม่เหมือนกัน การตรวจสอบหาจุดใช้งาน (operating point) ซึ่งหมายถึงจุดที่เซลล์สามารถให้กำลังไฟฟ้าสูงสุดออกมาเป็นสิ่งจำเป็น จุดนี้เรียกว่า จุดกำลังสูงสุด (maximum power point) P_m ดังแสดงในรูปที่ 1.2 การตรวจสอบหาจุด P_m จะทำได้โดยเลือกพิจารณาจุดที่ให้ผลคูณของ I_{sc} กับ V_{oc} มีค่าสูงสุด ทั้งนี้ให้เลือกใช้จุดที่อยู่ในช่วงของกราฟที่กำลังโค้งลง



รูปที่ 1.3 แสดงการต่อวงจรสำหรับการทดลองเรื่องเซลล์แสงอาทิตย์



รูปที่ 1.4 แสดงรูปเครื่องมือการทดลองเซลล์แสงอาทิตย์



รูปที่ 1.5 แสดงรูปการวางเครื่องมือสำหรับการวัดค่า I_{SC} และ V_{OC}

อุปกรณ์

1. เซลแสงอาทิตย์	1	อัน
2. ดิจิตอลมัลติมิเตอร์ (ใช้วัดกระแสและแรงดัน)	2	ตัว
3. ตัวต้านทานปรับค่าได้	1	ตัว
4. หลอดไฟ	1	ชุด
5. สายไฟ	5	เส้น

วิธีการทดลอง

1. วางหลอดไฟไว้ที่ตำแหน่ง P_{input} ตามที่กำหนดไว้ในตารางการทดลอง แล้วจัดให้หลอดไฟตรงกับแผ่นโซลาร์เซลล์
2. วัดกระแสลัดวงจร (I_{SC}) โดยต่อแอมมิเตอร์แบบอนุกรมกับแผ่นเซลล์แสงอาทิตย์
3. วัดค่าแรงดันวงจรเปิด (V_{OC}) โดยต่อโวลต์มิเตอร์แบบขนานกับแผ่นเซลล์แสงอาทิตย์
4. ต่อวงจรดังรูปที่ 1.3
5. ปรับค่าตัวต้านทาน R ตามที่กำหนดไว้ในตารางการทดลอง
6. บันทึกแรงดันและกระแสเมื่อเปลี่ยนค่าตัวต้านทานตามตารางการทดลอง
7. เขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันกับกระแส โดยให้แรงดันอยู่แกน x กระแสอยู่แกน y แล้วหาค่า V_{max} และ I_{max} ที่ทำให้ได้กำลังสูงสุด P_{max} แล้วนำผลที่ได้ไปคำนวณหาประสิทธิภาพและฟิลล์แฟกเตอร์

หนังสืออ้างอิง

1. Hovel , H. J., Semi-metals and Semiconductors vol. 11, (Solar Cell), A.P.,N.Y., 1978
2. Backus, C., Solar Cells, IEEE Press , N. Y., 1973
3. อรุณ รัตนชาติ , เทอดศักดิ์ เจริญวรรณ , ปริชญานิพนธ์ , ปีการศึกษา 2524 , พระจอมเกล้าลาดกระบัง เรื่อง SOLAR CELLS.

บันทึกผลการทดลองที่ 3

เซลล์แสงอาทิตย์

$$A : 150 \text{ cm}^2$$

R (Ω)	Power (input) = 30 (mW/cm^2)		P (mW)
	$I_{\text{SC}} = \dots\dots\dots (\dots\dots\dots \text{mA})$	$V_{\text{OC}} = \dots\dots\dots (\dots\dots\dots \text{V})$	
	I ($\dots\dots\dots \text{mA}$)	V ($\dots\dots\dots \text{V}$)	
0	20.7	0.025	0.5175
10	20.7	0.234	4.8438
20	20.7	0.440	9.1080
30	20.7	0.648	13.4136
40	20.7	0.854	17.6778
50	20.6	1.058	21.7998
60	20.6	1.267	26.1002
70	20.6	1.475	30.3850
80	20.6	1.682	34.6492
90	20.6	1.887	38.8722
100	20.6	2.070	42.6420
200	19.5	3.890	75.8550
300	15.3	4.580	70.0740
400	12.0	4.780	57.3600
500	9.7	4.870	47.2390
600	8.2	4.910	40.2620
700	7.1	4.950	35.1450
800	6.2	4.970	30.8140
900	5.5	4.980	27.3900
1000	5.0	5.000	25.0000
จากกราฟ	e =	FF =	

วิธีการคำนวณ

สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง